

技術科専攻学生のための材料研究

——金属薄板曲げ加工時のスプリングバック——

Materials Research for Students Major in Technology Education

——Learning by Doing on Spring Back Produced During Bending Work of Sheet Metals——

池 際 博 行

Hiroyuki IKEGIWA

(和歌山大学)

2017年8月28日受理

Summary

In the plastic bending of sheet metals, spring back is well-known phenomenon, but contains complicated and difficult problems. Spring back of thin sheet metal has a serious effect upon the finish of bending materials, but students major in technology education hardly understand this phenomenon. Throughout the experimental bending tests of thin metals with the V-die and the punch, the author dealt the process of deformation and obtained the amount of spring back in the plastic bending of three types of sheet metals - galvanized steel sheets, aluminum sheets and brass sheets having several thicknesses.

The results showed as follows:

- 1) Spring back occurs at the bending of thin metal sheets.
- 2) Aluminum sheets is almost not occurred the spring back phenomenon.
- 3) The thickness of metal sheets mainly influenced to spring back. As the thickness of the sheet decreases, the amount of spring back increases.
- 4) Spring back is influenced by the radius of the punch.

キーワード：金属薄板、V型曲げ、スプリングバック

1 はじめに

中学校における技術の教科書では、新たな学習指導要領による「材料と加工の技術」領域で、金属を使う加工実習についての具体的な例はほとんどない。しかし、金属薄板の板金曲げ加工は、広く社会で頻繁に使われている加工法であり、指導要領にある「(1)生活や社会を支える材料と加工の技術¹⁾」の中でも生徒に周知させることは必要であると考えられる。

金属の曲げ加工時にスプリングバックが生じることは金属加工に関する専門分野では既知の事象であり、これが原因で所定の加工仕上げ寸法を達成できないことについて、専門レベルにおいては、種々の研究がなされているものの、「材質・板厚・加圧力・曲げ半径などに依存し、正確な予測は困難と言われ²⁾」ている。そのため、薄板素材や加工法による影響で決定的な方法はなく、原理をもとに理論計算を行い、実際の製品製作時に補正するという作業をしているのが現実である。

中学校技術科では教員が薄板の折り曲げ加工を指導し生徒に実習させる段階で、ややもするとこの基本を十分に指導せず実際の金属加工における曲げ段階で素材にスプリングバックと折り曲げ背部にそりが現れる

ことで製作品の仕上がりに多大な課題を残してしまうことがある。

そこで、教育学部技術科専攻学生に対して、薄板の曲げ加工時に生じるスプリングバックが素材の種類や板厚によってどのように違いが生じるのかを実験的に確かめ、中学校における指導に生かすための研究報告とした。

2 スプリングバックについて

スプリングバックとは、板の曲げ加工において板の表に圧縮力が、裏に引張力が生ずるために、変形後に除荷すると板の弾性による反発力により、所定の形状が若干変形する現象である。

薄板の曲げ加工におけるスプリングバック現象とその対策は、近年アルミ缶などの深絞り加工など金属加工技術が進展する中で、プレスによる曲げ加工においてとりわけ重要な課題である。多くの研究により、理論的にまた実験的にこの現象に対する分析がなされており、スプリングバック量が材質、板厚、曲げ加工の際の圧力、ダイス先端の丸み半径などにより影響を受けることが報告³⁾されている。

本研究は、技術科専攻生に薄板の曲げ加工でスプリングバック現象が生じることを認識させること、金属の種類によりスプリングバックの発生量が異なること、加工工具の先端の鋭さがスプリングバックに影響すること、板の厚みによってスプリングバック量が変化することを確認するための実験を行ない、結果を提示することを目的とした。

2.1 スプリングバックの発生原理

図1にみられるように、板材の曲げにおいては、中立軸に対し内側は圧縮応力、外側は引張応力が作用する。また、中立軸は曲げ部分において板厚のセンターではなく若干内側に移動する。と同時に、曲げ部の板厚も減少する。

曲げ外力が解放されると素材に生じた圧縮、引張応力の反発により曲げ角度が開くが、これをスプリングバックと呼ぶ。硬い材料ほどこの現象は顕著に現れると考えられており、吉田総仁によれば、スプリングバック量は、材料強度に比例し、板厚に反比例する⁴⁾とされる。それは、一般に硬い材料ほど材料の弾性域が塑性域に比べて支配的であるためである。

そこで、本実験では、中学校でよく使われ金属の加工材料として市販されており、様々な厚さのものが手に入りやすいアルミ板、真ちゅう板、亜鉛引き鉄板を試験材料に用い、Vブロックをダイスとしてこれに上記金属薄板を2種類のプレス治具で押し付け、この作業で曲げられた材料のスプリングバック量を測定、比較し、スプリングバック量に影響する因子を検討した。

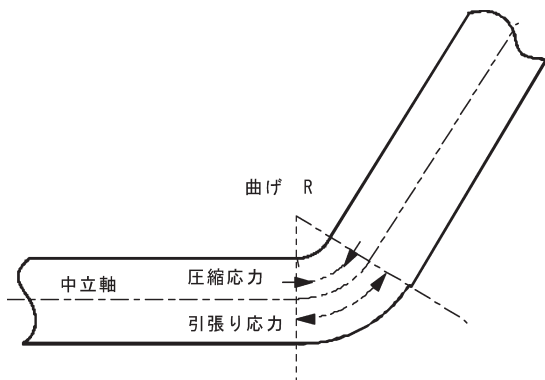


図1 金属の曲げ加工において発生する応力

3 実験

曲げ試験に用いた試験材料は、アルミ板(厚さ0.50mm, 0.80mm, 1.00mm)、真ちゅう板(厚さ0.40mm)、亜鉛引き鉄板(厚さ0.28mm, 0.30mm, 0.33mm, 0.40mm, 0.45mm, 0.80mm, 1.00mm)である。

いずれも幅30mm、長さ100mmに切断加工し、実験に供した。

金属の曲げ加工は、図2に示すように、角度90°のVブロックの上に配置した金属板を①直径20mmの真ちゅう

丸棒でプレスしVブロックに押し付ける(線加圧)、②さらに先端の鋭いV型鉄アングルを介して先の丸棒をVブロックに押し付ける(面加圧)(図3)の2種の方法でプレスし、除荷後の金属板の角度を計測し、ダイスに相当するVブロックの角度(90°)との差をスプリングバック量⁵⁾とした。

なお、加圧は油圧プレスにより行い、1.96MPa (20kgf/cm²) でいずれも10秒間加圧し(図4)、その後速やかに除圧して試料を取りだし、成形後の金属板の角度を紙の上にトレース(図5)し、シンワ製プロトラクター(No.101 シルバー $\phi 120$ 、竿目盛15cm溝付固定ネジ 図6参照)により最小目盛り角度0.5°までの測定を行った。

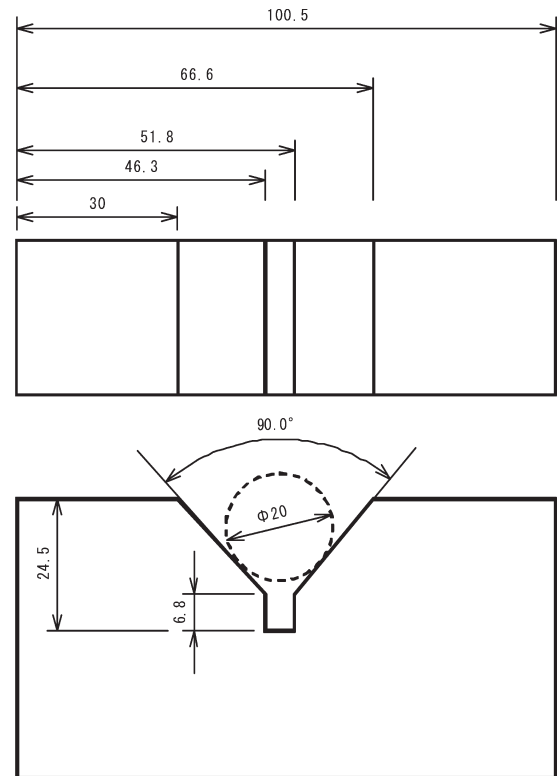


図2 曲げ試験に用いたVブロック並びにプレス治具①($\phi 20$ の真ちゅう円筒)

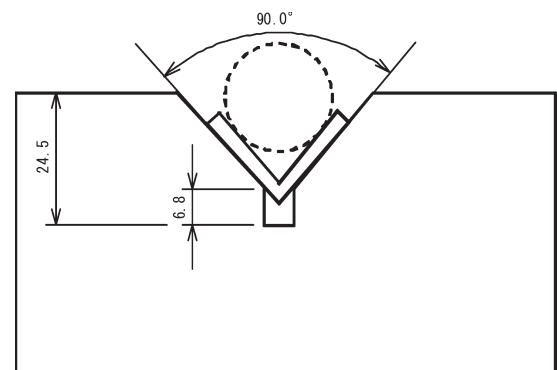


図3 曲げ試験に用いたVブロック並びにプレス治具②(V型鉄板と $\phi 20$ の真ちゅう円筒からなる)

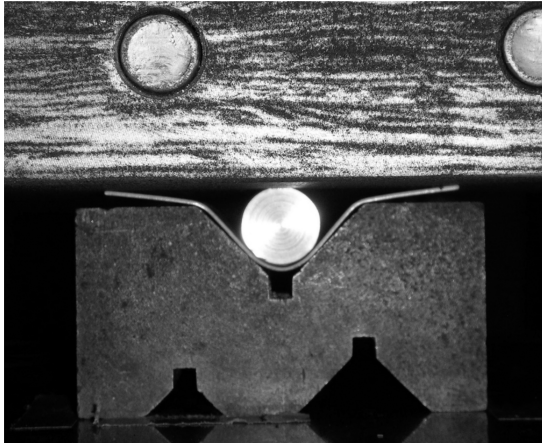


図4 Vブロックと治具を用いた金属薄板の曲げ試験

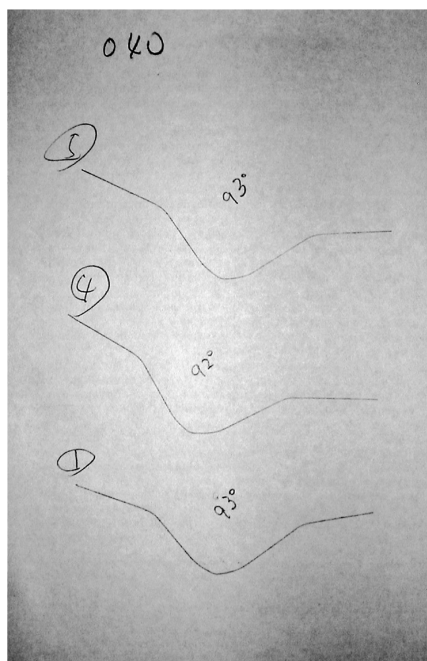


図5 トレースされた薄板曲げ材料の角度

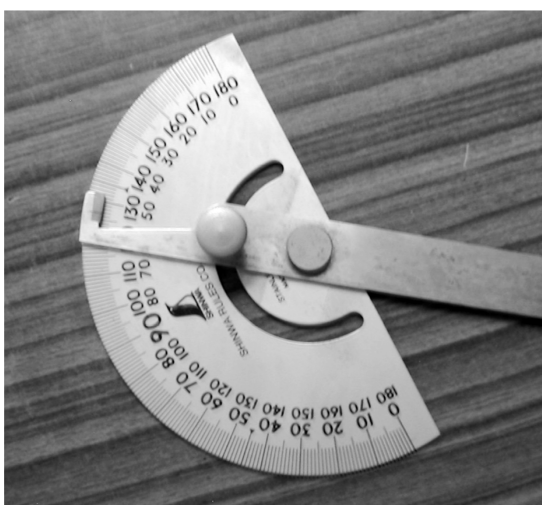


図6 スプリングバック量測定に用いた角度定規 (シンワ製プロトラクター)

4 結果と考察

4.1 材種とスプリングバック

実験方法①により加圧した、厚さに大きな差がないアルミニウム板(厚さ0.5mm)、真ちゅう板(厚さ0.4mm)、亜鉛鉄板(厚さ0.4mm)のスプリングバック量について測定した結果を図7に示す。

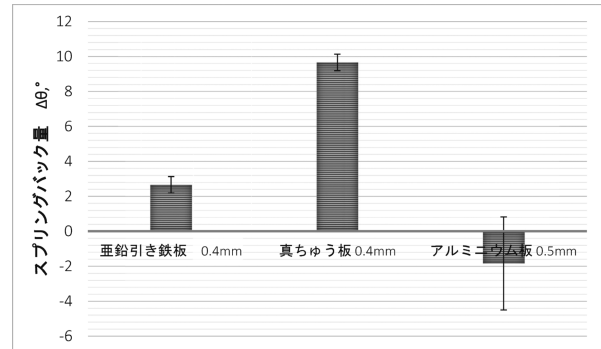


図7 各種薄板のスプリングバック量比較 (Iは標準偏差を示す)

これらの材料の弾性率並びに引張強さについては、代表的な値を表1に示したが、鋼板や真ちゅう(黄銅)板に比べて、アルミニウム板は弾性率が低く、延性的であり、塑性域が広い。そのため、今回の実験においてアルミニウム板では、加圧された曲面の縁辺部が塑性域に入り、弾性回復をしなかったものと推定される。

表1 実験に用いた金属板の代表的機械的性質

	弾性率(GPa)	引張強さ(MPa)
工業用アルミニウム	69	55
一般構造用鋼板	206	400
6/4 黄銅	103	330

このことにより、プレス後にアルミニウムは弾性回復がほとんど起こらず、結果、図8にみられるように負の側に変形固定されたものと思われる⁶⁾。

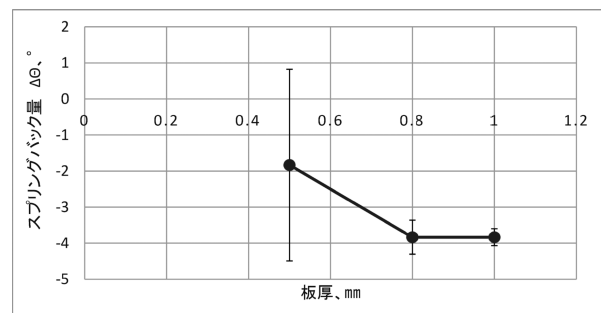


図8 アルミニウム板のスプリングバック (Iは標準偏差を示す)

4.2 材料厚さとスプリングバック

実験①および実験②の方法で、厚さの異なる亜鉛鉄板をプレスし、その後のスプリングバック量を測定した。

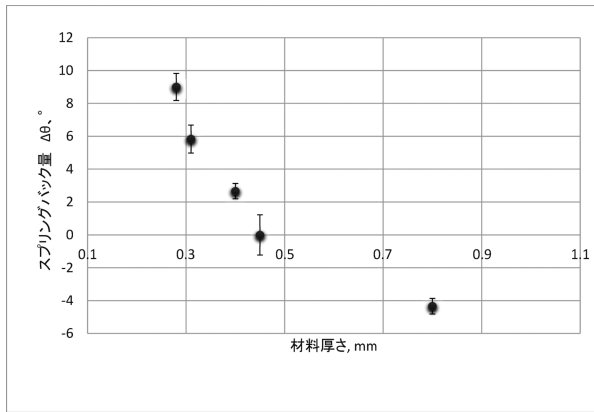


図9 実験①による亜鉛引き鉄板のスプリングバック (I は標準偏差を示す)

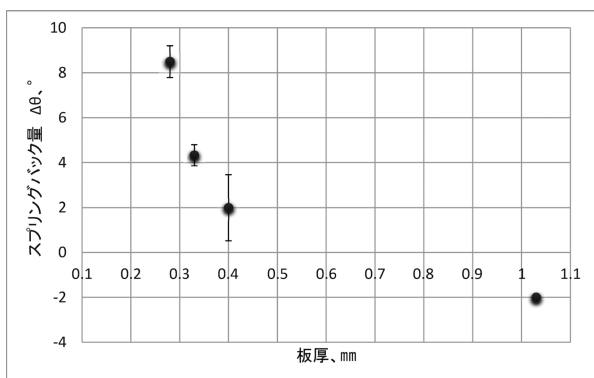


図10 実験②による亜鉛引き鉄板のスプリングバック (I は標準偏差を示す)

実験①による結果を図9に、実験②による結果を図10に示す。

いずれも、板厚が増すとスプリングバック量は減少し、厚さ0.5mm付近を境に負に転じる。また、プレス面積が広く、薄板にあたるプレス先端部の丸み半径の小さな②による方法で、少しスプリングバック量が大きくなることが結果からわかる。

両結果を重ねその傾向を見ると、薄板の厚さとスプリングバック量との間にはほぼ直線的な関係があることがわかる(図11)。

板の厚さが増加するに従い中立面から材料表面までの距離が増加するため、それだけ縁辺部の応力が増し、その部分が弾性域から塑性域に入ることによって弾性回復しなくなることによって原因すると考えられる。逆に厚さがさらに増すことによって縁辺部の塑性領域が増すと板材は圧縮変形した形状に固定されることにより、プレス内部に向かって変形する現象が起こったことが推測される。さらに、プレスするポンチ先端の丸み半径が小さくなることでスプリングバックにかかる変形部分が

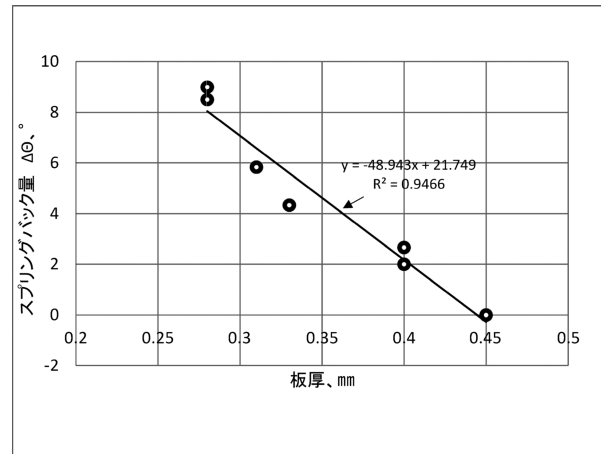


図11 スプリングバック量に及ぼす板厚の影響 (亜鉛引き鉄板)

より先端側に移動し、また曲げ半径が大きくなることで回復量も増すことになると考えられる。

5 結論

本実験研究により、金属薄板の曲げ加工で発生するスプリングバックに関する以下の知見を明らかにすることができた。

1. 金属薄板の曲げ加工ではスプリングバックが発生する。
2. その量は、素材の弾性率や機械的強さに依存する。
3. 実習でよく利用される亜鉛鉄板の場合、厚さが0.5 mm以下で、スプリングバック量は厚さに反比例して大きくなる。
4. 曲げ加工に用いる工具先端が鋭いとスプリングバック量はやや大きくなる。

参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術・家庭編、p12、pp25-27、平成29年6月
- 2) 正橋直哉：東北大学金属材料研究所 2011. Nov.21 クリエイションコア東大阪 http://www.kansaicenter.imr.tohoku.ac.jp/_userdata/kinzoku-titanium.pdf
- 3) 田尻彰：アルミニウムの薄板成形、軽金属 45(4)、1995、pp226-246
- 4) 吉田総仁：弾塑性力学の基礎／第9章、共立出版(1997)
- 5) 松山徳蔵、鈴木秀雄：薄板の曲げ加工に関する研究(第1報、薄板のスプリングバック)、日本機械学会論文集(第3部)、27(175)、pp300-310(1961)
- 6) <http://www.labnotes.jp/pdf2/physical%20properties.pdf> 参照